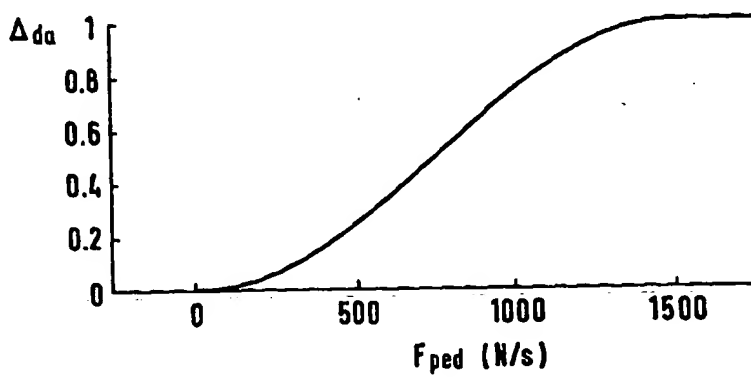


PCTWELTORGANISATION FÜR GEISTIGES EIGENTUM.
Internationales BüroINTERNATIONALE ANMELDUNG VERÖFFENTLICHT NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE
INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT)

(51) Internationale Patentklassifikation ⁶ : B60T 8/32, 7/12, 13/72	A1	(11) Internationale Veröffentlichungsnummer: WO 99/54179 (43) Internationales Veröffentlichungsdatum: 28. Oktober 1999 (28.10.99)
(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP99/02354 (22) Internationales Anmeldedatum: 7. April 1999 (07.04.99) (30) Prioritätsdaten: 198 17 326.1 18. April 1998 (18.04.98) DE (71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten ausser US): CONTINENTAL TEVES AG & CO. OHG [DE/DE]; Guerickestrasse 7, D-60488 Frankfurt am Main (DE). (72) Erfinder; und (75) Erfinder/Anmelder (nur für US): ECKERT, Alfred [DE/DE]; Lion-Feuchtwanger Strasse 137, D-55129 Mainz (DE). BERTHOLD, Thomas [DE/DE]; Sieboldstrasse 16, D-64293 Darmstadt (DE). TIELEMAN, Erwin [NL/NL]; Kanalkade 10, NL-4571 CK Axel (NL). (74) Gemeinsamer Vertreter: CONTINENTAL TEVES AG & CO. OHG; Guerickestrasse 7, D-60488 Frankfurt am Main (DE).		(81) Bestimmungsstaaten: JP, US, europäisches Patent (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE). Veröffentlicht <i>Mit internationalem Recherchenbericht. Vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche zugelassenen Frist; Veröffentlichung wird wiederholt falls Änderungen eintreffen.</i>
(54) Title: METHOD FOR REDUCING BRAKING DISTANCE (54) Bezeichnung: VERFAHREN ZUM VERKÜRZEN DES BREMSWEGES <div data-bbox="438 1218 1185 1596"></div> (57) Abstract <p>The invention relates to a method for reducing the braking distance of a vehicle with a brake booster which during a standard braking operation is controlled only by braking pedal pressure exerted by the driver and which, in the event of a critical situation is controlled by the control device in such a way that a booster factor (Λ) which is higher than that of the standard braking operation is set for the brake booster. The invention is characterised in that a risk potential (Δ) is determined. This risk potential gives the probability of the braking vehicle being involved in an accident. The booster factor (Λ) is then increased in accordance with the risk potential (Δ).</p>		

Best Available Copy

(57) Zusammenfassung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Verkürzen des Bremsweges eines Fahrzeuges, das einen Bremskraftverstärker aufweist, der während eines Standardbremsvorganges lediglich durch einen vom Fahrer ausgeübten Bremspedaldruck angesteuert wird und beim Vorliegen einer kritischen Fahrsituation von einer Steuereinrichtung derart angesteuert wird, daß ein gegenüber dem Standardbremsvorgang erhöhter Verstärkungsfaktor (Δ) am Bremskraftverstärker eingestellt wird. Die Erfindung zeichnet sich dadurch aus, daß ein Gefahrenpotential (Δ) ermittelt wird, das die Wahrscheinlichkeit angibt, daß das zu bremsende Fahrzeug in einen Unfall verwickelt wird, und die Erhöhung des Verstärkungsfaktors (Δ) nach Maßgabe des Gefahrenpotentials (Δ) gesteuert wird.

LEDIGLICH ZUR INFORMATION

Codes zur Identifizierung von PCT-Vertragsstaaten auf den Kopfbögen der Schriften, die internationale Anmeldungen gemäss dem PCT veröffentlichen.

AL	Albanien	ES	Spanien	LS	Lesotho	SI	Slowenien
AM	Armenien	FI	Finnland	LT	Litauen	SK	Slowakei
AT	Österreich	FR	Frankreich	LU	Luxemburg	SN	Senegal
AU	Australien	GA	Gabun	LV	Lettland	SZ	Swasiland
AZ	Aserbaidtschan	GB	Vereinigtes Königreich	MC	Monaco	TD	Tschad
BA	Bosnien-Herzegowina	GE	Georgien	MD	Republik Moldau	TG	Togo
BB	Barbados	GH	Ghana	MG	Madagaskar	TJ	Tadschikistan
BE	Belgien	GN	Guinea	MK	Die ehemalige jugoslawische Republik Mazedonien	TM	Turkmenistan
BF	Burkina Faso	GR	Griechenland			TR	Türkei
BG	Bulgarien	HU	Ungarn	ML	Mali	TT	Trinidad und Tobago
BJ	Benin	IE	Irland	MN	Mongolei	UA	Ukraine
BR	Brasilien	IL	Israel	MR	Mauretanien	UG	Uganda
BY	Belarus	IS	Island	MW	Malawi	US	Vereinigte Staaten von Amerika
CA	Kanada	IT	Italien	MX	Mexiko		
CF	Zentralafrikanische Republik	JP	Japan	NE	Niger	UZ	Usbekistan
CG	Kongo	KE	Kenia	NL	Niederlande	VN	Vietnam
CH	Schweiz	KG	Kirgisistan	NO	Norwegen	YU	Jugoslawien
CI	Côte d'Ivoire	KP	Demokratische Volksrepublik Korea	NZ	Neuseeland	ZW	Zimbabwe
CM	Kamerun			PL	Polen		
CN	China	KR	Republik Korea	PT	Portugal		
CU	Kuba	KZ	Kasachstan	RO	Rumänien		
CZ	Tschechische Republik	LC	St. Lucia	RU	Russische Föderation		
DE	Deutschland	LI	Liechtenstein	SD	Sudan		
DK	Dänemark	LK	Sri Lanka	SE	Schweden		
EE	Estland	LR	Liberia	SG	Singapur		

Verfahren zum Verkürzen des Bremsweges

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Verkürzen des Bremsweges nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1.

Ein Verfahren zum Verkürzen eines Bremsweges ist aus der DE 89 11 963 U1 bekannt, bei dem aufgrund von zwei vorliegenden Signalen eine Vorbremmung für eine Zeitdauer von ca. 0,5 s eingeleitet wird. Das erste Signal wird dabei ausgelöst, indem durch den Fahrzeugführer ein Schalter betätigt wird. Dieser Schalter ist so angeordnet, daß er entweder durch den linken Fuß oder durch eine Hand bedient wird, wobei im Falle der Bedienung durch die Hand der Schalter vorzugsweise so angebracht ist, daß die Hand nicht vom Lenkrad wegbewegt werden muß. Das zweite Signal wird ausgelöst, indem die Geschwindigkeit erfaßt wird, mit der der Fahrer den Fuß vom Gaspedal entfernt. Liegt diese Geschwindigkeit oberhalb eines bestimmten Schwellwertes, so wird die Vorbremmung automatisch eingeleitet.

Bei diesem bekannten Verfahren ist nachteilig, daß der Fahrer einen beim Führen eines Fahrzeuges ungewöhnlichen Bedienungsvorgang ausführen, nämlich mit dem linken Fuß bzw. mit einer Hand einen Schalter bedienen muß.

In der gattungsbildenden DE 40 28 290 C1 wird deshalb ein Verfahren vorgeschlagen, bei welchem automatisch ein größerer als sich aus der Bremspedalstellung ergebender Bremsdruck erzeugt wird, wenn die Betätigungsgeschwindigkeit, mit welcher das Bremspedal betätigt wird, einen vorbestimmten Wert über-

- 2 -

schreitet. Dies ist das einzige Kriterium zum Auslösen des automatischen Bremsvorganges. Dieses Verfahren ist gegenüber dem aus der DE 89 11 963 U1 bekannten Verfahren vorteilhaft, da der Fahrer bei einem Fahrzeug, das mit einem sogenannten einen automatischen Bremsvorgang auslösenden Bremsassistenten ausgerüstet ist, seine Verhaltensweise nicht speziell darauf einstellen muß, sondern die einzelnen Bedienelemente, insbesondere das Bremspedal, in der üblichen Art und Weise bedienen kann. Dennoch wird eine Paniksituation erkannt und ein entsprechend stärker verzögernder Bremsvorgang ausgeführt.

Dieses Verfahren hat sich in Paniksituationen bewährt, da der Bremsweg verkürzt und ein Unfall vermieden werden kann.

Bei diesem Verfahren wird zur maximalen Verkürzung des Bremsweges nach Auslösung des automatischen Bremsvorganges ein maximaler Bremsdruck mittels des Bremskraftverstärkers erzeugt. Der automatische Bremsvorgang wird beendet, wenn sich der am Bremspedal anliegende Bremspedaldruck verringert. Da jedoch der Bremskraftverstärker automatisch betätigt wird, kann sich der Bremspedaldruck selbsttätig verringern, da der Pedalwiderstand abnimmt. Hierdurch kann eine unbeabsichtigte Deaktivierung des automatischen Bremsvorganges verursacht werden. Der automatische Bremsvorgang kann deshalb beendet werden, ohne daß dies vom Fahrer des Fahrzeuges gewollt oder beabsichtigt ist.

Andererseits kann der automatische Bremsvorgang von einem auf eine sich ändernde Fahrsituation schnell reagierenden Fahrer unbeabsichtigt ausgelöst werden, wodurch eine maximale Verzögerung des Fahrzeuges erfolgt, ohne daß dies notwendig und gewünscht ist. Eine derart überraschende, unbeabsichtigt starke Bremsung kann in bestimmten Fahrsituationen, insbeson-

- 3 -

dere bei dichtem Kollonnenverkehr, zu einer Störung des Verkehrsflusses führen, oder sogar einen Verkehrsunfall mit einem nachfolgendem Fahrzeug verursachen.

Dieses bekannte Verfahren zum Verkürzen des Bremsweges ist zwar vom Fahrer eines entsprechenden Fahrzeuges einfach in gewohnter Weise zu bedienen, kann jedoch in bestimmten Situationen zu einer unbeabsichtigten zu geringen oder zu starken Verzögerung des Fahrzeuges führen. Der Fahrer besitzt somit nicht immer die vollständige Kontrolle über sein Fahrzeug.

Für derartige Verfahren zum Verkürzen des Bremsweges geeignete Bremskraftverstärker, die sowohl mechanisch mittels einer Betätigungsstange als auch elektrisch mittels eines Elektromagneten angesteuert werden können, sind aus der DE 43 24 205 A1 und der DE 195 48 705 A1 bekannt.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zum Verkürzen eines Bremsweges zu schaffen, für das sich ein Fahrer eines Fahrzeuges in seinen Verhaltensweisen nicht umstellen muß, dennoch in allen Fahrsituationen eine geeignete Verzögerung des Fahrzeuges ausführt und dem Fahrer eine sichere Kontrolle über sein Fahrzeug auch während eines stärker verzögernden Bremsvorganges ermöglicht.

Die Aufgabe wird durch ein Verfahren mit den Merkmalen des Anspruchs 1 gelöst. Vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung sind in den Unteransprüchen angegeben.

Nach dem erfindungsgemäßen Verfahren wird ein Gefahrenpotential ermittelt, das die Wahrscheinlichkeit angibt, daß das zu bremsende Fahrzeug in einen Unfall verwickelt wird. Nach Maßgabe des Gefahrenpotentials wird in einer Gefahrensituation der Verstärkungsfaktor des Bremskraftverstärkers erhöht.

Das erfindungsgemäße Verfahren unterscheidet sich somit von dem aus der DE 40 28 290 C1 bekannten Verfahren im wesentlichen dadurch, daß bei einem automatischen Bremsvorgang nicht eine maximale Verzögerung erfolgen muß, sondern die Verzögerung unterschiedliche Werte annehmen kann, die bei geringerem Gefahrenpotential kleiner als bei größerem Gefahrenpotential sind. Hierdurch wird ein an die Fahrsituation angepaßter Bremsvorgang eingeleitet, der vom Fahrer wesentlich besser kontrollierbar ist, als eine schlagartig einsetzende maximale Verzögerung.

Die Erfinder der vorliegenden Erfindung bezeichnen eine erfindungsgemäße Verfahren steuernde Vorrichtung als sogenannten "analogen Bremsassistent". Hierdurch soll zum Ausdruck gebracht werden, daß mit dem erfindungsgemäßen Verfahren in der Regel mit stufenlos variablen Verzögerungswerten gebremst wird, wohingegen das aus der DE 40 28 290 C1 bekannte Verfahren lediglich "digital" zwischen einer mechanisch gesteuerten Bremsung und einer automatischen Vollbremsung umschaltet.

Das erfindungsgemäße Verfahren wird anhand der beiliegenden Zeichnungen beispielhaft näher erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 die Funktion zur Berechnung eines Fahrergerfahren-potentials Δ_{da} ,

Fig. 2 zwei aufeinanderfolgende Fahrzeuge zur Veranschaulichung der jeweiligen physikalischen Größen,

- Fig. 3 jeweils Funktionen zur Berechnung des
bis 6 Fahrsituationengefahrenpotential Δ_{ds} ,
- Fig. 7 ein erstes Ausführungsbeispiel eines erfindungsge-
mäßes Verfahrens in einem Blockschaltbild,
- Fig. 8 eine den Zusammenhang zwischen dem Verstärkungs-
faktor Λ und dem Gefahrenpotential Δ zeigende Funk-
tion,
- Fig. 9 eine Abwandlung des ersten Ausführungsbeispiels des
erfindungsgemäßen Verfahrens in einem Blockschalt-
bild,
- Fig.10 ein zweites Ausführungsbeispiel eines erfindungs-
gemäßen Verfahrens in einem Blockschaltbild, und
- Fig. 11 eine Abwandlung des zweiten Ausführungsbeispiels
des erfindungsgemäßen Verfahrens in einem Block-
schaltbild.

Das erfindungsgemäße Verfahren zum Verkürzen des Bremsweges eines Fahrzeuges steuert einen Bremskraftverstärker an, wie er zum Beispiel aus der DE 195 48 705 A1 bekannt ist. Dieser Bremskraftverstärker kann unmittelbar mechanisch an einer Betätigungsstange betätigt werden, wobei auf die Betätigungsstange der auf das Bremspedal ausgeübte Bremspedaldruck F_{ped} übertragen wird. Zusätzlich kann dieser Bremskraftverstärker auch elektrisch mittels eines Elektromagneten betätigt werden, um zum Beispiel in Gefahrensituationen den auf die einzelnen Bremselementen ausgeübten Bremsdruck zu erhöhen.

- 6 -

Zur elektrischen Ansteuerung des Bremskraftverstärkers ist eine elektrische Steuereinrichtung vorgesehen, die mit diversen Sensoren verbunden ist, um das erfindungsgemäße Verfahren zum Verkürzen des Bremsweges eines Fahrzeuges auszuführen.

Das Verfahren zum Verkürzen des Bremsweges eines Fahrzeuges arbeitet im normalen Fahrzustand in an sich bekannter Weise, wobei der Bremskraftverstärker lediglich mechanisch durch Betätigen der Betätigungsstange mittels des Bremspedals angesteuert wird. In kritischen Fahrsituationen wird der Bremskraftverstärker derart angesteuert, daß gegenüber einem bei einer rein mechanischen Betätigung des Bremskraftverstärkers vorliegendem Verstärkungsfaktor Λ_0 ein erhöhter Verstärkungsfaktor Λ am Bremskraftverstärker durch eine elektrische Betätigung des Bremskraftverstärkers eingestellt wird. Hierzu wird erfindungsgemäß ein Gefahrenpotential Δ ermittelt, das der Unfallgefahr entspricht, in welcher sich das zu bremsende Fahrzeug befindet.

Eine solche Unfallgefahr ist keine physikalische Größe und kann deshalb nicht direkt gemessen werden. Das Gefahrenpotential Δ ist vielmehr eine Wahrscheinlichkeit im mathematischen Sinne und nimmt deshalb Werte zwischen 0 (keine Unfallgefahr) und 1 (akute Unfallgefahr, Notsituation) an. Selbstverständlich kann das Gefahrenpotential Δ auch in einen anderen Zahlenbereich, zum Beispiel von 0 bis 100, skaliert werden. Für die nachfolgende Beschreibung wird von einem Zahlenbereich von 0 bis 1 für das Gefahrenpotential Δ ausgegangen. Wesentlich für die Erfindung ist, daß das Gefahrenpotential mehrere Werte annehmen kann und nicht lediglich zwischen zwei Zuständen unterscheidet, wie z.B. dem Vorliegen einer Unfallgefahr und dem nicht-Vorliegen einer Unfallgefahr.

- 7 -

Das Gefahrenpotential wird aus verfügbaren physikalischen Größen, die im wesentlichen auf der Betätigung des Bremssignals durch den Fahrer und der aktuellen Fahrsituation, in dem sich das zu bremsende Fahrzeug befindet, beruhen und statistischen Erfahrungswerten, wie z.B. der mittleren Reaktionszeit, abgeschätzt.

Es wird zwischen dem Fahrerghafahrenpotential Δ_{da} - beruht auf den beim Betätigen der Bremse ermittelten Daten - und dem Fahrsituationghafahrenpotential Δ_{ds} - beruht auf den aus der Fahrsituation ermittelten Daten - unterschieden.

Ein Fahrer, der eine Gefahrensituation erkennt, betätigt die einzelnen Bedienelemente des Fahrzeuges zur Vermeidung eines Unfalles in einer charakteristischen Art und Weise. So wird er sehr schnell den rechten Fuß vom Gaspedal nehmen und das Bremspedal betätigen. Ferner sind schnelle; normalerweise nicht auftretende Lenkbewegungen möglich. Zur Ermittlung des Fahrerghafahrenpotentials Δ_{da} können somit folgende physikalische Größen herangezogen werden:

- die Geschwindigkeit, mit welcher der Fuß vom Gaspedal entfernt wird,
- die Pedalwechselzeit, die der Fahrer zum Wechseln vom Gaspedal zum Bremspedal benötigt,
- der Bremspedalweg,
- die Bremspedalgeschwindigkeit,
- die Bremspedalkraft F_{ped} ,
- die Bremspedalkraftänderung F_{ped} , und/oder
- die Lenkwinkeländerung.

Auf Grundlage dieser meßbaren Parameter kann das Gefahrenpotential Δ_{da} abgeschätzt werden, wobei die Abschätzung auf einem einzigen der Parameter oder einer Kombination von mehreren Parametern beruhen kann. Die oben angegebenen Parameter sind keine abschließende Aufzählung, vielmehr können auch ähnliche, erfaßbare Parameter, wie zum Beispiel die an der Betätigungsstange des Bremskraftverstärkers anliegende Kraft, die proportional zur Bremspedalkraft F_{ped} ist, oder der Weg s_{mem} einer im Bremskraftverstärker angeordneten Membran und deren zeitliche Ableitungen, die dem Weg des Gaspedals bzw. dessen Änderung entsprechen, und dergleichen zur Ermittlung des Gefahrenpotentials herangezogen werden.

Bei Verwendung des Bremspedalweges oder einer dazu korrespondierenden Größe zur Ermittlung des Gefahrenpotentials ist zu berücksichtigen, daß bei Einsetzen der elektrischen Steuerung des Bremskraftverstärkers die Betätigungsstange des Bremskraftverstärkers und damit das Pedal automatisch betätigt werden, wodurch der Bremspedalweg alleine nicht mehr für eine objektiv gültige Abschätzung dienen kann. Ferner hat sich gezeigt, daß das Bremspedal oft mit großer Geschwindigkeit, aber nur für eine kurze Zeit und mit geringer Kraft betätigt wird. In einem solchen Fall ist die hohe Pedalgeschwindigkeit kein gültiger Indikator für ein Gefahrenpotential. Bei Verwendung der Pedalgeschwindigkeit als Indikator für das Gefahrenpotential wird diese vorzugsweise mit einem anderen Parameter, wie zum Beispiel der Bremspedalkraft oder dem Bremspedalweg, kombiniert. Da der Bremspedalweg nicht kostengünstig gemessen werden kann, ist es daher zweckmäßig, die zum Bremspedalweg korrespondierende Verschiebung einer Membran s_{mem} im Bremskraftverstärker als Indikator für das Gefahrenpotential

- 9 -

zu verwenden. Folglich kann als eine einfach meßbare und das Gefahrenpotential realistisch abschätzende Meßgröße die Leistung $P = F_{ped} \cdot \dot{s}_{mem}$ verwendet werden.

Andere Parameter zur Bestimmung des Fahrergefährdungspotentials Δ_{da} können zum Beispiel $s_{mem} \cdot \dot{s}_{mem}$, $\dot{F}_{ped} \cdot s_{mem}$, $\dot{F}_{ped} \cdot F_{ped}$ oder $\dot{F}_{ped} \cdot \dot{s}_{mem}$ sein. Zusätzlich oder alternativ können auch der Lenkwinkel und der Gaspedalweg und ihre Ableitungen in der Zeit verwendet werden.

Es ist auch möglich, eine Kombination von Parametern zu verwenden, mit

$$\Delta_{da} = \sum_{i=1}^n |Parameter_i| \cdot g_i$$

wobei g_i einen Gewichtungsfaktor für den jeweiligen Parameter i darstellt.

Ferner kann eine Fehleridentifikation durch einen Vergleich der Pedalkraft mit dem Pedalweg oder Membranweg oder dem im Bremskraftverstärker aufgebauten Druck oder durch Vergleichen des Membranweges mit dem im Bremskraftverstärker aufgebauten Druck erfolgen. Für das erfindungsgemäße Verfahren wird deshalb eine Sensorconfiguration mit einem Drucksensor und einem Kraftsensor bevorzugt, denn hierdurch wird auf kostengünstige Weise eine Lösung mit Fehleridentifikation geschaffen.

Anstelle der vom Fahrer ausgeführten Betätigungsvorgänge können grundsätzlich auch die physischen Zustände des Fahrers selbst, wie zum Beispiel sein Herzrhythmus, Augenbewegungen und dergleichen zur Ermittlung einer Gefahrensituation verwendet werden. Falls diese Parameter mit berührungslos arbei-

- 10 -

tenden Sensoren erfaßbar sind, können sie eine praktische Bedeutung erlangen.

Nachfolgend wird ein Ausführungsbeispiel zur Ermittlung des Fahrerergefahrenpotentials Δ_{da} beschrieben, wobei das Fahrerergefahrenpotential Δ_{da} aus der Bremspedalkraftänderung F_{ped} ermittelt wird. Es hat sich nämlich gezeigt, daß in normalen Fahrsituationen Bremspedalkraftänderungen bis zu 200 N/s vom Fahrer ausgeübt werden, wohingegen in Gefahrensituationen die Bremspedalkraftänderungen Werte bis zu 1500 N/s oder mehr annehmen können. Diese Werte hängen stark vom Fahrer ab, wobei einige Fahrer in Gefahrensituationen Bremspedalkraftänderungen bis zu 8000 N/s ausüben können. Da es wahrscheinlicher ist, daß Leute mit geringerer Bremspedalkraftänderung nicht ausreichend stark bremsen, ist es zweckmäßig, das Fahrerergefahrenpotential Δ_{da} für eine Bremspedalkraftänderung von 1500 N/s gleich 1 zu setzen ($\Delta_{da} = 1$). Für eine negative Bremspedalkraftänderung wird das Fahrerergefahrenpotential Δ_{da} gleich 0 gesetzt. Zwischen den Werten 0 bis 1500 N/s nimmt das Fahrerergefahrenpotential Δ_{da} von 0 bis 1 zu. Für diesen Übergang wird vorzugsweise eine Cosinus-Funktion gewählt, da sie stetige Übergänge im Bereich einer Bremspedalkraftänderung $F_{ped} = 0$ N/s und bei $F_{ped} = 1500$ N/s aufweist. Für Δ_{da} gilt somit:

$$\Delta_{da} = \frac{1}{2} \cdot \left\{ 1 - \cos \left(\pi \cdot \min \left(\max \left(\frac{F_{ped}}{1500}, 0 \right), 1 \right) \right) \right\}$$

Der Verlauf dieser Funktion ist in Fig. 1 gezeigt.

- 11 -

Das Fahrsituationgefahrenpotential Δ_{ds} wird hingegen aus einigen die Fahrsituation beschreibenden Parametern abgeschätzt, wie zum Beispiel der Fahrzeuggeschwindigkeit v_0 des zu bremsenden Fahrzeuges, der Fahrzeugbeschleunigung a_0 , dem Abstand d_0 zu einem vorausfahrenden Fahrzeug, der Relativgeschwindigkeit \dot{d}_0 bezüglich des vorausfahrenden Fahrzeuges und der Relativbeschleunigung \ddot{d}_0 bezüglich des vorausfahrenden Fahrzeuges (siehe Fig. 2). Diese Aufzählung der Parameter ist nicht abschließend, sondern es können noch weitere Parameter berücksichtigt werden, wie zum Beispiel eine Radschlupfinformation, die von einem intelligenten Bremssystem ermittelt werden kann.

Aus dem Abstand d_0 und seiner zeitlichen Ableitungen kann ein theoretischer Kollisionszeitpunkt t_c bestimmt werden, nachdem die beiden Fahrzeuge bei gleichbleibender Geschwindigkeit und gleichbleibender Beschleunigung kollidieren würden. Für $d_0 < 0$ und $\ddot{d}_0 = 0$ gilt:

$$t_c = -\frac{d_0}{\dot{d}_0}$$

Falls $\ddot{d}_0 \neq 0$ ist, gilt:

$$t_c = -\frac{-\dot{d}_0 - \sqrt{\dot{d}_0^2 - 2d_0\ddot{d}_0}}{\ddot{d}_0}$$

Falls t_c negativ oder komplex sein sollte, tritt keine Kollision auf und t_c wird unendlich gesetzt.

Falls jedoch bei gleichbleibender Geschwindigkeit und gleichbleibender Beschleunigung eine Kollision auftreten würde, muß das Fahrzeug verzögert werden. Hierbei ist die Reaktionszeit

- 12 -

t_R zu berücksichtigen. Die Reaktionszeit t_R ist statistisch genau erfaßt worden und beträgt im Mittel 1,34s, wobei sie sich aus folgenden Komponenten zusammensetzt:

- Erkennen der Gefahrensituation bzw. des Objektes (0,48s),
- Reaktionsgrundzeit, während der neuronale Vorgänge entsprechende Körperreaktionen auslösen (0,45s),
- Bewegungszeitintervall zum Bewegen des Fußes vom Gas- zum Bremspedal (0,19s),
- der Aufbau des Bremsdruckes vom Zeitpunkt der Berührung des Bremspedals (0,05 s),
- und Fortpflanzung des Bremsdruckes zu den einzelnen Bremsselementen (0,17s).

Falls $t_C < t_R$ gilt, kann ein Unfall nicht mehr verhindert werden. Falls $t_C \geq t_R$ gilt, wird eine Beschleunigung a_{Cva} für das zu bremsende Fahrzeug berechnet, die die maximal mögliche Beschleunigung (oder minimal notwendige Verzögerung) bei Vermeidung eines Unfalles angibt. Diese maximal mögliche Beschleunigung a_{Cva} kann mit folgender Formel berechnet werden:

$$a_{Cva} = -\frac{1}{2} \frac{(v_0 + a_{Cv0} t_R)^2}{d_0 - v_0 t_R - \frac{1}{2} a_{Cv0} t_R^2 - \frac{1}{2} \frac{(v_0 + \dot{d}_0)^2}{a_{Cv0} + \ddot{d}_0}}$$

Die berechnete Beschleunigung ist die maximal erlaubte Beschleunigung nach der Reaktionszeit t_R . Jedoch kann der Fahrer bereits mit der tatsächlichen Beschleunigung a_{Cv0} bremsen, so daß keine weitere Verzögerung notwendig ist. Würde man dann das Gefahrenpotential alleine auf Grundlage der ma-

ximal erlaubten Beschleunigung ermitteln, könnte dies zu einer unnötigen zusätzlichen Verzögerung führen. Daher ist es zweckmäßig, die Differenz a_{cve} zwischen der maximal erlaubten Beschleunigung a_{cva} und der tatsächlichen Beschleunigung a_{cvo} als Grundlage zur Ermittlung des Gefahrenpotentials Δ zu verwenden ($a_{cve} = a_{cva} - a_{cvo}$). Dies ist die zusätzliche Verzögerung, die der Fahrer nach Ablauf der Reaktionszeit t_R erzielen muß. Da eine größere Verzögerung als 0,9 g in der Regel nicht erzielt werden kann, wird $\Delta = 1$ für $a_{cve} = 0,9$ g gesetzt.

Für $a_{cve} \geq 0$ ist die Gefahr eines Unfalles gering, so daß $\Delta = 0$ für $a_{cve} \geq 0$ gesetzt werden kann. Dies bedeutet, daß bei einer Beschleunigung des Fahrzeuges von zum Beispiel 0,2 g, Δ gleich 1 sein würde, wenn die notwendige Verzögerung 0,7 g ist, da dann $a_{cve} - 0,9$ g betragen würde.

Verzögerungen zwischen 0 bis 0,3 g sind im täglichen Verkehr üblich und können leicht erzielt werden. In diesem Bereich sollte das Gefahrenpotential Δ nicht stark von 0 abweichen. Verzögerungen im Bereich von 0,6 g bis 0,9 g sind seltener. Deshalb sollte das Gefahrenpotential Δ in diesem Bereich etwa 1 betragen. Im Bereich zwischen 0,3 g und 0,6 g sollte Δ von 0 bis 1 ansteigen. Eine Funktion, die diesen Anforderungen genügt, ist in Fig. 3 gezeigt und durch folgende Formel gegeben:

$$\Delta_{acc}(a_{cve}) = \frac{1}{2} \cdot \left\{ 1 - \cos \left(\pi \cdot \min \left(- \min \left(\frac{a_{cve}}{0,9 \cdot g}, 0 \right), 1 \right) \right) \right\}$$

- 14 -

Für zum Beispiel $a_{cva} = -0,9 \text{ g}$ und $a_{cv0} = -0,7 \text{ g}$ gibt Δ_{acve} ein geringes Gefahrenpotential an. Da jedoch eine Verzögerung von $0,9 \text{ g}$ eine sehr große Verzögerung ist, die nahe an den physikalischen Grenzen der Reibungskraft zwischen Rädern und Straße liegt, besteht eine erhebliche Unfallgefahr. Jede kleine Änderung im Straßenzustand oder der Bewegung des Fahrzeuges kann eine Verzögerung erfordern, die größer als die physikalische mögliche Verzögerung ist. Deswegen sollte das Fahrzeug schnell in einen Fahrzustand überführt werden, in dem eine geringere Verzögerung notwendig ist. Daher ist es zweckmäßig, daß das Gefahrenpotential Δ auch direkt von a_{cva} abhängt. Ein Gefahrenpotential Δ_{acva} (Fig. 4) wird z.B. gleich 1 für den Bereich einer maximal möglichen Verzögerung a_m und gleich 0 für eine Verzögerung a_0 gesetzt, die $0,2 \text{ g}$ kleiner als a_m ist.

$$\Delta_{acva}(a_{cva}) = \frac{1}{2} \cdot \left\{ 1 - \cos \left(\pi \cdot \min \left(\left(\frac{a_{cva} - a_0}{a_0 - a_m} \right), 0 \right), 1 \right) \right\}$$

Das gesamte Gefahrenpotential Δ sollte zumindest so groß wie das Maximum von Δ_{acva} und Δ_{acve} sein. Falls Δ_{acva} und Δ_{acve} größer als 0 sind, ist die tatsächliche Gefahr größer als dies die einzelnen Werte zum Ausdruck bringen, denn sie beruhen auf zwei unterschiedlichen Gefahrenquellen, da Δ_{acva} einen begrenzte Haftung zwischen Straße und Rad für die erforderliche Beschleunigung anzeigt, wohingegen Δ_{acve} an

- 15 -

gibt, daß die notwendige Verzögerung nicht erreicht werden kann. Daher wird als Fahrsituationgefahrenpotential Δ_{ds} vorzugsweise die Summe aus Δ_{acve} und Δ_{acva} verwendet, falls a_{cve} kleiner als 0 ist:

$$\Delta_{ds} = (a_{cve}, a_{cva}) = \min(1, \Delta_{acve} + \Delta_{acva})$$

Zur Vermeidung einer ruckartigen Bremsmomentenänderung und um die Übergänge bei a_{acve} gleich 0 für a_{cva} kleiner a_0 abzurunden, wird Δ_{ds} für $a_{acve} < 0$ und $a_{acva} < a_0$ wie folgt definiert:
mit

$$\Delta_{ds}(a_{cve}, a_{cva}) = \Delta_c \cdot \Delta_a$$

$$\Delta_c = \frac{1}{2} \cdot \left\{ 1 - \cos \left(\pi \cdot \min \left(- \min \left(\frac{a_{cve} - (a_0 - a_m)}{a_0 - a_m}, 0 \right), 1 \right) \right) \right\}$$

und

$$\Delta_a = \frac{1}{2} \cdot \left\{ 1 - \cos \left(\pi \cdot \min \left(- \min \left(\frac{a_{cva} - a_1}{a_1 - a_m}, 0 \right), 1 \right) \right) \right\}$$

$$a_1 = a_m + \sqrt{(a_0 - a_m)^2 - a_{cve}^2}$$

Δ_{ds} ist somit eine Funktion von a_{acve} und a_{acva} (Fig. 6), die beide im Bereich von -1 g bis 0,5 g liegen.

Mit dem derart erhaltenen Gefahrenpotentialen Δ_{ds} bzw. Δ_{da} kann die Verzögerung während eines Bremsvorganges an die tatsächlichen Gefahrenverhältnisse angepaßt werden. Das Bremsverhalten der Bremse sollte jedoch so eingestellt sein, daß es immer von dem Fahrer vorhersehbar ist und er jederzeit das Gefühl der vollständigen Kontrolle über seine Bremse besitzt. Daher sollte eine Erhöhung des Bremsdruckes nur erfolgen,

- 16 -

wenn das Bremspedal betätigt wird. Bei stillstehendem Bremspedal soll der Bremsdruck deshalb nicht selbständig erhöht werden, selbst wenn das Gefahrenpotential Δ gleich 1 sein sollte.

Nachfolgend wird anhand von dem in Fig. 7 gezeigten Blockschaltbild und dem in Fig. 8 gezeigten Funktionsverlauf ein erstes Ausführungsbeispiel einer erfindungsgemäßen statischen Bremsadaption erläutert, die die vorgenannten Zielvorgaben erfüllt.

Zunächst wird ein Fahrer Gefahrenpotential Δ_{da} in der oben beschriebenen Weise aus der Pedalkraftänderung F_d berechnet. Aus dem Fahrer Gefahrenpotential Δ_{da} wird ein Sollwertverstärkungsfaktor Λ_{ref} berechnet. Ist das Gefahrenpotential Δ_{da} kleiner als ein Schwellwert, von z.B. 0,25, so ist der Sollwertverstärkungsfaktor Λ_{ref} kleiner als der Standardverstärkungsfaktor Λ_0 des Bremskraftverstärkers bei mechanischer Betätigung seiner Betätigungsstange. In diesem Bereich unterhalb des Schwellwertes wird der Bremsvorgang alleine durch die mechanische Betätigung der Betätigungsstange ausgeführt.

Wenn das Gefahrenpotential den Schwellwert überschreitet, setzt bei Betätigung der Bremse die automatische Bremsadaption ein, wobei mit zunehmendem Gefahrenpotential Δ der Sollwertverstärkungsfaktor Λ_{ref} proportional zum Gefahrenpotential Δ erhöht wird. Es ist zweckmäßig, wenn der adaptierte Sollwertverstärkungsfaktor Λ_{ref} im Bereich des Schwellwertes Λ_{SCH} dem Standardverstärkungsfaktor Λ_0 entspricht, so daß bei geringem Gefahrenpotential keine zu starke, sondern eine der jeweiligen Gefahrensituation angepaßte automatische Ver-

- 17 -

Änderung des Verstärkungsfaktors Λ erfolgt, die ein vom Fahrer gut kontrollierbares Bremsverhalten erzeugt.

Wie in Fig. 7 gezeigt, wird aus dem Sollwertverstärkungsfaktor Λ_{ref} , der Pedalkraft F_{ped} und dem im Bremskraftverstärker vorliegendem Druck P_{TMC} ein Sollruck P_{ref} ermittelt, auf den der Druck des Bremskraftverstärkers P_{TMC} eingestellt wird. Mit der Berücksichtigung der Pedalstellung bzw. der korrespondierenden Pedalkraft F_{ped} wird sichergestellt, daß der Druck im Bremskraftverstärker nur erhöht wird, wenn ein entsprechendes Betätigungssignal am Bremspedal erzeugt wird.

Da während eines Bremsvorganges sich die Bremseigenschaften nicht verändern, zumindest nicht vermindern sollten, wird in einer bevorzugten Ausführungsform ein einmal eingenommener Sollwertverstärkungsfaktor Λ_{ref} solange nicht vermindert, bis die Betätigung der Bremse beendet wird, d.h., der Fuß vom Bremspedal genommen wird.

Fig. 9 zeigt ein weiteres Blockschaltbild eines Ausführungsbeispiels, das eine statische Bremsadaption ausführt. Hierbei wird das Gefahrenpotential Δ gemäß dem oben beschriebenen Fahrsituationengefahrenpotential Δ_{ds} ermittelt. Ist das Gefahrenpotential größer als ein vorbestimmter Vordruckschwellwert, von z.B. 0,4, und die maximal erlaubte Beschleunigung a_{cva} kleiner als 0, so wird eine Vordruckfunktion aktiviert, die den Sollruck P_{ref} auf einen bestimmten Vordruck $P_{preload}$ einstellt, der so groß bemessen ist, daß sich in den Bremsleitungen ein Bremsdruck aufbaut, der gerade nicht zur Betätigung der Bremsen genügt. Hierdurch muß bei einer späteren, zu erwartenden Betätigung der Bremse der Druck in den Bremsleitungen nicht mehr aufgebaut werden, wodurch die Bremsen in einer solchen Gefahrensituation schneller ansprechen.

Der Solldruck P_{ref} wird in gleicher Weise wie bei dem oben anhand von Fig. 7 beschriebenen Ausführungsbeispiel ermittelt, wobei bei aktiver Vordruckfunktion der größere der beiden ermittelten Solldrücke P_{ref} als Solldruck P_{ref} zur Ansteuerung des Bremskraftverstärkers verwendet wird.

Ist das Gefahrenpotential Δ größer als ein vorbestimmter Warnsignalschwellwert, der im vorliegenden Ausführungsbeispiel auf 0,5 eingestellt ist, so wird im Fahrgastraum ein Warnsignal ausgegeben, das den Fahrer vor der Gefahrensituation warnt.

Überschreitet das Gefahrenpotential Δ einen Verkehrswarnsignalschwellwert, der vorzugsweise größer als der Warnsignalschwellwert ist, und im vorliegenden Ausführungsbeispiel auf 0,7 eingestellt ist, so werden die Bremslichter zur Warnung der nachfolgenden Fahrzeuge eingeschaltet. Zur Unterscheidung gegenüber einer üblichen Bremsung können die Bremslichter blinkend eingeschaltet oder ein anderes Warnsignal ausgegeben werden, so daß dem nachkommenden Verkehr eindeutig die Gefahrensituation mitgeteilt wird und ein entsprechender Sicherheitsabstand eingehalten werden kann.

Die Bestimmung des Gefahrenpotentials kann somit in Kombination mit der Bremsadaption, aber auch unabhängig davon zur Warnung des Fahrers und/oder des Verkehrs verwendet werden, wodurch eine Präventivmaßnahme zur Vermeidung von Unfällen geschaffen wird.

Anhand von Fig. 10 wird ein weiteres Ausführungsbeispiel der Erfindung mit einer dynamischen Bremsadaption erläutert.

Die Ermittlung des Gefahrenpotentials Δ_{ds} erfolgt in der oben angegebenen Art und Weise. Aus dem Gefahrenpotential wird jedoch kein Sollwertverstärkungsfaktor Λ_{ref} berechnet, sondern der Solldruck P_{ref} wird unmittelbar in Abhängigkeit einer Änderung (= 1. zeitl. Ableitung) der Bremspedalstellung, des Bremsdruckes oder dgl. berechnet, so daß mit z.B. zunehmenden Bremspedaldruck der Solldruck P_{ref} dynamisch zunimmt. Wesentlich ist hierbei, daß zur Bestimmung des Solldruckes P_{ref} die erste zeitliche Ableitung einer physikalischen Größe verwendet wird, die mit der durch den Fahrer erfolgten Pedalbetätigung im Zusammenhang steht, so daß eine Änderung der Pedalbetätigung eine dynamische Erhöhung oder Verminderung des Bremsdruckes bewirkt.

In Fig. 11 ist ein weiteres Ausführungsbeispiel der Erfindung mit einer dynamischen Bremsadaption gezeigt, das mit den oben beschriebenen zusätzlichen Funktionen zur Abgabe eines Warnsignals bzw. zum Einschalten der Bremslichter versehen ist.

Bei den oben beschriebenen Ausführungsbeispielen wird das Gefahrenpotential entweder auf Grundlage des Fahrergefährdenpotentials Δ_{da} oder des Fahrsituationgefährdenpotentials Λ ermittelt. Selbstverständlich kann das Gefahrenpotential auch auf einer Kombination aus dem Fahrergefährdenpotential Δ_{da} und dem Fahrsituationgefährdenpotential Λ_{ds} berechnet werden.

Der Erfolg der Erfindung beruht im wesentlichen auf der Auswertung aktueller physikalischer Parameter in Kombination mit statistischen Erfahrungswerten, die eine sinnvolle Abschätzung des Gefahrenpotentials erlauben. Die Erfindung kann daher durch Einbeziehung diverser statistischer Ergebnisse, insbesondere einer in einem elektronischen Speicher abgespeicherten Auswertung einer Unfallstatistik, abgewandelt werden.

- 20 -

Diese Unfallstatistik wird ähnlich wie bei den von Zündvorrichtungen bekannten Kennfeldern in Abhängigkeit von vorbestimmten Parametern, wie Geschwindigkeit, Beschleunigung, Betätigung des Bremspedals, usw. abgerufen.

Ansprüche

1. Verfahren zum Verkürzen des Bremsweges eines Fahrzeuges, das einen Bremskraftverstärker aufweist, der während eines Standardbremsvorganges lediglich durch einen vom Fahrer ausgeübten Bremspedaldruck angesteuert wird und beim Vorliegen einer kritischen Fahrsituation von einer Steuereinrichtung derart angesteuert wird, daß ein gegenüber dem Standardbremsvorgang erhöhter Verstärkungsfaktor (Λ) am Bremskraftverstärker eingestellt wird, dadurch gekennzeichnet, daß ein Gefahrenpotential (Δ) ermittelt wird, das die Wahrscheinlichkeit angibt, daß das zu bremsende Fahrzeug in einen Unfall verwickelt wird, und die Erhöhung des Verstärkungsfaktors (Λ) nach Maßgabe des Gefahrenpotentials (Δ) gesteuert wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß lediglich über einem bestimmten Schwellwert (Δ_{SCH}) des Gefahrenpotentials (Δ) der Verstärkungsfaktor (Λ) von der Steuereinrichtung erhöht wird.
3. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß der von der Steuereinrichtung erhöhte Verstärkungsfaktor (Λ) im Bereich des Schwellwertes (Δ_{SCH}) im wesentlichen dem während des Standardbremsvorganges vorliegendem Standardverstärkungsfaktor (Λ_0) entspricht und mit zunehmenden Gefahrenpotential kontinuierlich erhöht wird.

- 22 -

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß das Gefahrenpotential (Λ) auf Grundlage von - einem oder mehreren vom Fahrer beeinflussbaren Parametern (Fahrergefahrenpotential Λ_{da}), und/oder
 - von einem oder mehreren von einer Fahrsituation bestimmten Parametern (Fahrsituationgefahrenpotential Λ_{ds}) ermittelt wird.

5. Verfahren nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß zur Ermittlung des Gefahrenpotentials (Δ_{da}) vom Fahrer beeinflussbaren Parameter verwendet werden, wie z.B.:
 - die Geschwindigkeit, mit welcher ein Fuß vom Gaspedal entfernt wird,
 - die Pedalwechselzeit, die zum Wechseln vom Gaspedal zum Bremspedal benötigt wird,
 - der Bremspedalweg
 - die Bremspedalgeschwindigkeit,
 - der Membranweg (s_{mem}) einer im Bremskraftverstärker angeordneten Membran und/oder dessen Ableitungen in der Zeit,
 - die Bremspedalkraft,
 - die Bremspedalkraftänderung, und/oder
 - die Lenkwinkeländerung.

6. Verfahren nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß eine Kombinationen von zumindest zwei Parametern zur Ermittlung des Gefahrenpotentials verwendet wird, wie z.B. $s_{mem} \cdot \dot{s}_{mem}$, $\dot{F}_{ped} \cdot s_{mem}$, $\dot{F}_{ped} \cdot F_{ped}$ oder $\dot{F}_{ped} \cdot \dot{s}_{mem}$.

7. Verfahren nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Parameter jeweils mit einem Gewichtungsfaktor g_i gemäß folgender Formel gewichtet sind:

$$\Delta_{da} = \sum_{i=1}^n |Parameter_i| \cdot g_i$$

8. Verfahren nach Anspruch 4 oder 5, dadurch gekennzeichnet, daß das Gefahrenpotential (Δ_{da}) nach folgender Formel berechnet wird:

$$\Delta = \cos\left(\frac{\dot{F}_{ped}}{\dot{F}_{ped-panic}}\right)$$

wobei $\dot{F}_{ped-panic}$ der für Gefahrensituationen typischen Bremskraftveränderung entspricht und $\Delta=1$ gilt, falls \dot{F}_{ped} größer als $\dot{F}_{ped-panic}$ ist, und $\Delta=0$ gilt, falls \dot{F}_{ped} kleiner 0 ist.

9. Verfahren nach einem der Ansprüche 4 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß das Gefahrenpotential (Δ_{da}) nach folgender Formel berechnet wird:

$$\Delta_{da} = \frac{1}{2} \cdot \left\{ 1 - \cos \left(\pi \cdot \min \left(\max \left(\frac{\dot{F}_{ped}}{1500}, 0 \right), 1 \right) \right) \right\}$$

wobei \dot{F}_{ped} die Bremskraftänderung darstellt.

10. Verfahren nach einem der Ansprüche 4 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß zur Ermittlung des Gefahrenpotentials (Δ_{ds}) von der Fahrsituation bestimmte Parameter verwendet werden, wie z.B.:
- die Fahrzeuggeschwindigkeit (v_0),
 - die Fahrzeugbeschleunigung (a_0),
 - den Abstand (d_0) zu einem vorausfahrenden Fahrzeug,
 - die Relativgeschwindigkeit (\dot{d}_0) bzgl. eines vorausfahrenden Fahrzeuges,
 - die Relativbeschleunigung (\ddot{d}_0) bzgl. eines vorausfahrenden Fahrzeuges, und/oder
- ⊗ Radschlupfinformationen.
11. Verfahren nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, daß das Gefahrenpotential (Δ_{ds}) auf Grundlage einer Differenz (a_{cve}) aus einer maximal erlaubten Beschleunigung (a_{cva}) und einer tatsächlichen Beschleunigung (a_{cvo}) ermittelt wird.
12. Verfahren nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, daß die maximal erlaubte Beschleunigung (a_{cva}) nach folgender Formel berechnet wird,

$$a_{cvm} = -\frac{1}{2} \frac{(v_0 + a_{c0} t_R)^2}{d_0 - v_0 t_R - \frac{1}{2} a_{c0} t_R^2 - \frac{1}{2} \frac{(v_0 + \dot{d}_0)^2}{a_{c0} + \ddot{d}_0}}$$

wobei t_R die Reaktionszeit, v_0 die Fahrzeuggeschwindigkeit und d_0 , \dot{d}_0 , \ddot{d}_0 der Abstand zum vorausfahrenden Fahrzeug beziehungsweise dessen zeitliche Ableitungen sind.

13. Verfahren nach Anspruch 11 oder 12, **dadurch gekennzeichnet**, daß das Gefahrenpotential nach folgender Formel berechnet wird:

$$\Delta_{a_{cve}}(a_{cve}) = \frac{1}{2} \cdot \left\{ 1 - \cos \left(\pi \cdot \min \left(- \min \left(\frac{a_{cve}}{0,9 \cdot g}, 0 \right), 1 \right) \right) \right\}$$

14. Verfahren nach einem der Ansprüche 10 bis 13, **dadurch gekennzeichnet**, daß das Gefahrenpotential direkt von einer maximal erlaubten Beschleunigung (a_{cva}) abhängt.
15. Verfahren nach Anspruch 14, **dadurch gekennzeichnet**, daß das Gefahrenpotential nach folgender Formel berechnet wird:

$$\Delta_{a_{cva}}(a_{cva}) = \frac{1}{2} \cdot \left\{ 1 - \cos \left(\pi \cdot \min \left(\left(\frac{a_{cva} - a_0}{a_0 - a_m} \right), 0 \right), 1 \right) \right\}$$

wobei a_{cva} die maximal erlaubte Beschleunigung, a_m die maximal mögliche Verzögerung und a_0 eine Verzögerung, die 0,1 g bis 0,3 g kleiner als a_m ist, sind.

16. Verfahren nach einem der Ansprüche 4 bis 15, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Funktion zum Berechnen des Gefahrenpotentials im Bereich ihrer Übergänge abgerundet ist.
17. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 16, **dadurch gekennzeichnet**, daß eine Erhöhung des Verstärkungsfaktors (Λ) nur erfolgt, wenn das Bremspedal betätigt wird.

18. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 17,
dadurch gekennzeichnet, daß die Erhöhung des Verstärkungsfaktors (Λ) proportional zur Bremspedalkraft (F_{ped}) oder einer dazu korrespondierenden Größe erfolgt (statische Adaption).
19. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 17, dadurch gekennzeichnet, daß die Erhöhung des Verstärkungsfaktors (Λ) proportional zur Änderung (= 1. zeitl. Ableitung) der Bremspedalkraft (F_{ped}) oder einer dazu korrespondierenden Größe erfolgt (dynamische Adaption).
20. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 19, dadurch gekennzeichnet, daß ein einmal eingenommener Verstärkungsfaktor (Λ_{ref}) solange nicht vermindert wird, bis die Betätigung der Bremse beendet wird, d.h., der Fuß vom Bremspedal genommen wird.
21. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 20, dadurch gekennzeichnet, daß wenn das Gefahrenpotential größer als ein vorbestimmter Vordruckschwellwert wird und die maximal erlaubte Beschleunigung (a_{cva}) kleiner als 0 ist, eine Vordruckfunktion aktiviert wird, die im Bremskraftverstärker einen bestimmten Vordruck ($P_{preload}$) einstellt, der so groß bemessen ist, daß sich in den Bremsleitungen ein Bremsdruck aufbaut, der gerade nicht zur Betätigung der Bremsen genügt.
22. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 21, dadurch gekennzeichnet, daß wenn das Gefahrenpotential (Δ) größer als ein vorbestimmter Warnsignalschwellwert ist, im Fahrgastraum ein Warnsignal ausgegeben wird.

23. Verfahren zum Steuern eines Fahrzeuges im Verkehr, insbesondere nach einem der Ansprüche 1 bis 22, dadurch gekennzeichnet, daß ein Gefahrenpotential (Δ) ermittelt wird, das die Wahrscheinlichkeit angibt, daß das Fahrzeug in einen Unfall verwickelt wird, und überschreitet das Gefahrenpotential (Δ) einen Verkehrswarnsignalschwellwert, so wird ein den nachfolgenden Verkehr warnendes Signal ausgegeben.
24. Vorrichtung zum Verkürzen des Bremsweges eines Fahrzeuges, das einen Bremskraftverstärker aufweist, der während eines Standardbremsvorganges lediglich durch einen vom Fahrer ausgeübten Bremspedaldruck angesteuert wird und beim Vorliegen einer kritischen Fahrsituation von einer Steuereinrichtung derart angesteuert wird, daß ein gegenüber dem Standardbremsvorgang erhöhter Verstärkungsfaktor (Λ) am Bremskraftverstärker eingestellt wird, dadurch gekennzeichnet, daß ein Gefahrenpotential (Δ) ermittelt wird, das die Wahrscheinlichkeit angibt, daß das zu bremsende Fahrzeug in einen Unfall verwickelt wird, und die Erhöhung des Verstärkungsfaktors (Λ) nach Maßgabe des Gefahrenpotentials (Δ) gesteuert wird.

1 / 6

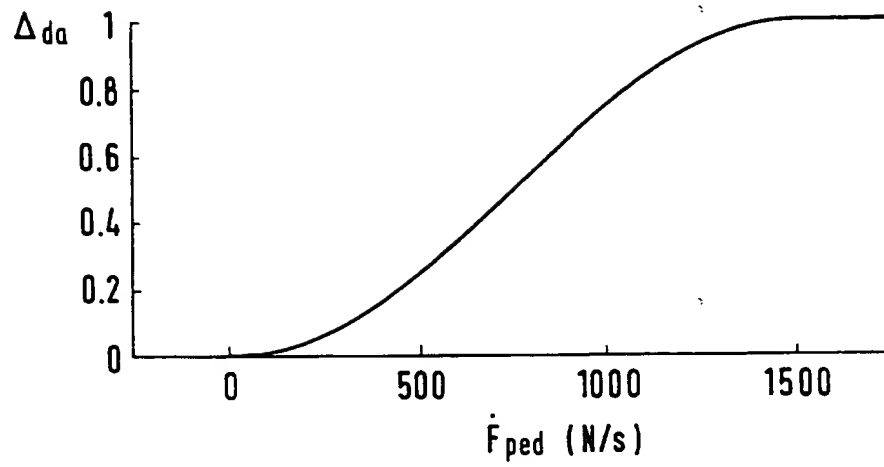


Fig.1

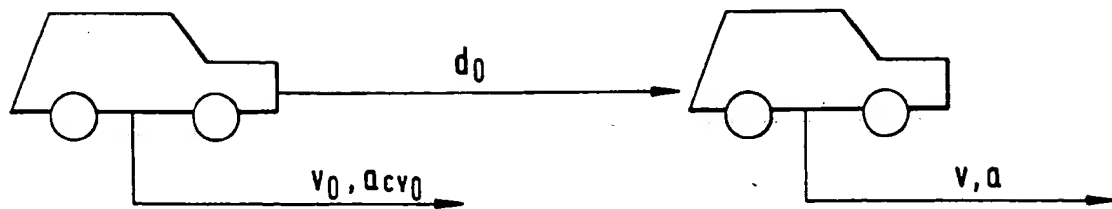


Fig.2

2 / 6

Fig. 3

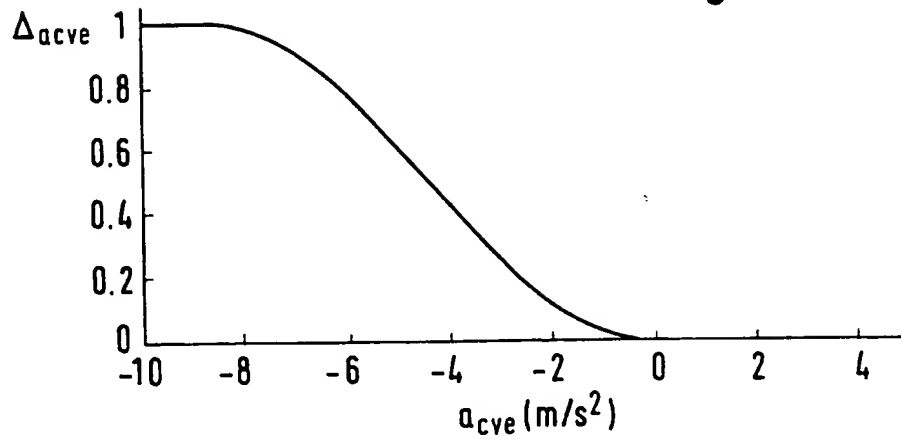
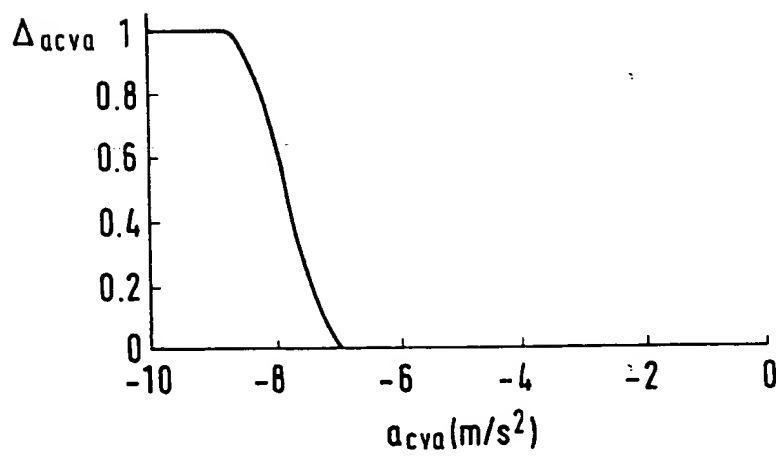


Fig. 4



3 / 6

Fig. 5

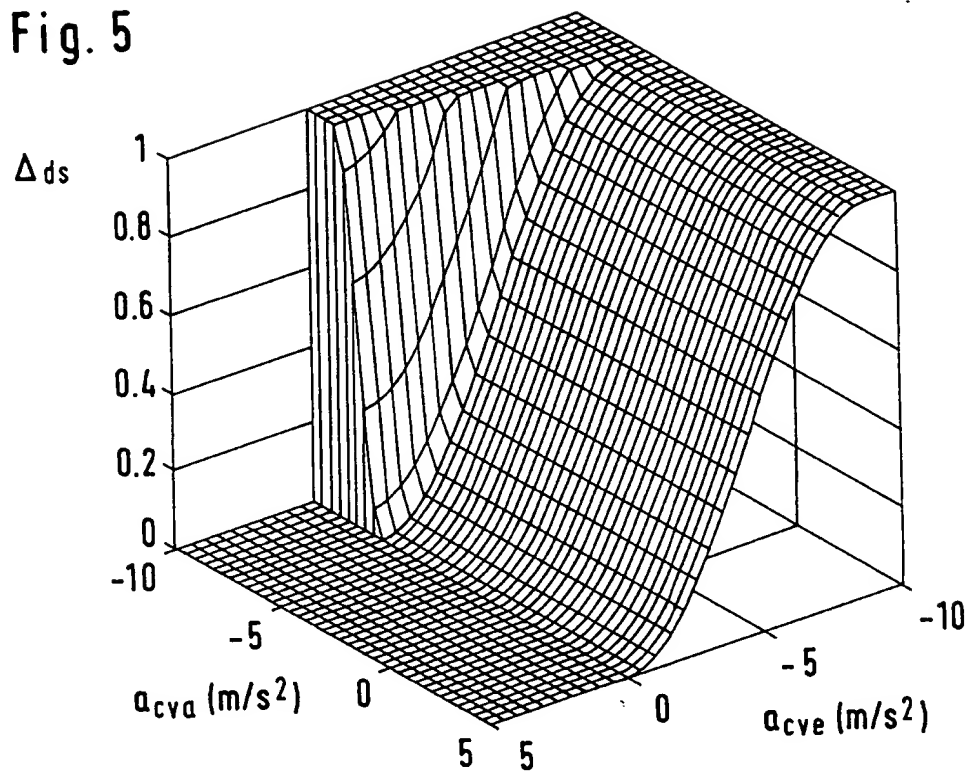


Fig. 6

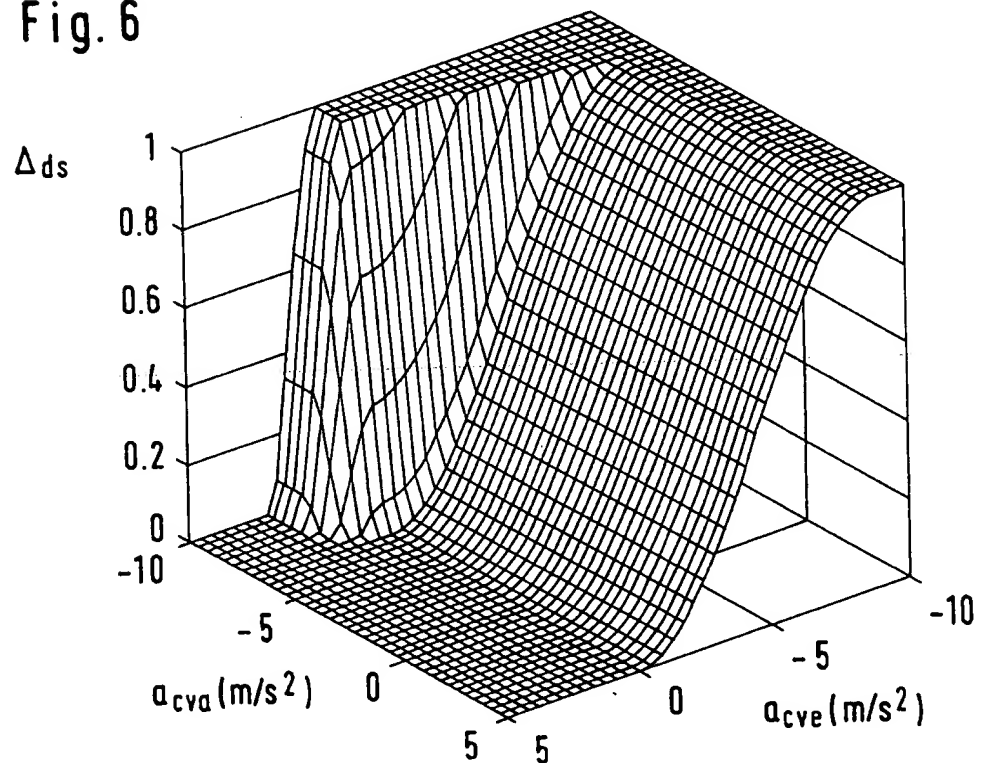


Fig. 7

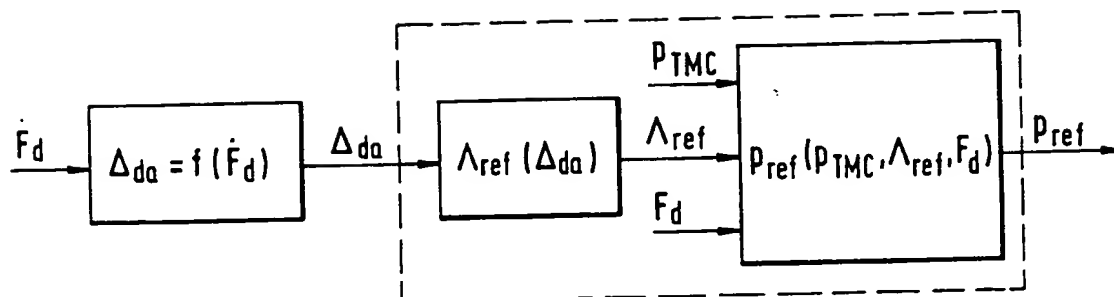
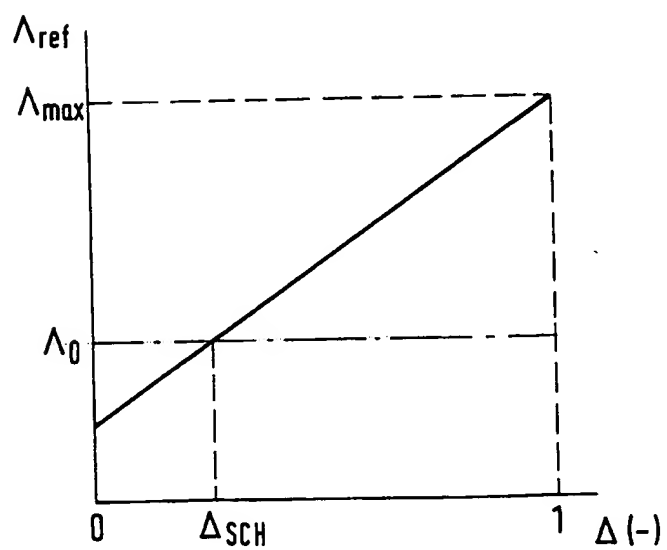


Fig. 8



5 / 6

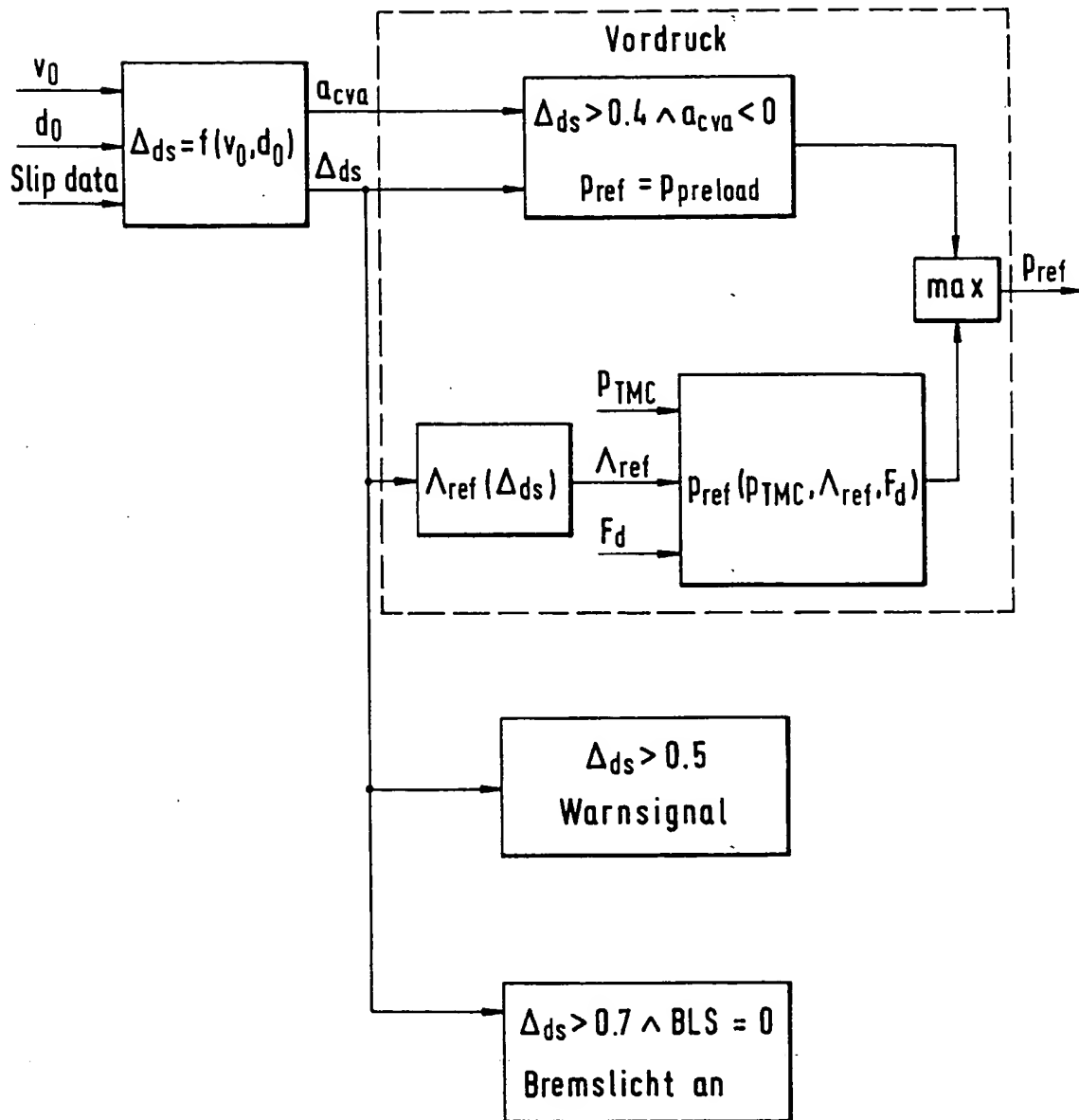


Fig. 9

6/6

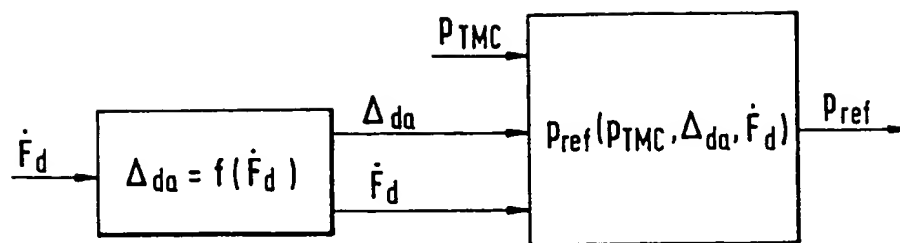


Fig. 10

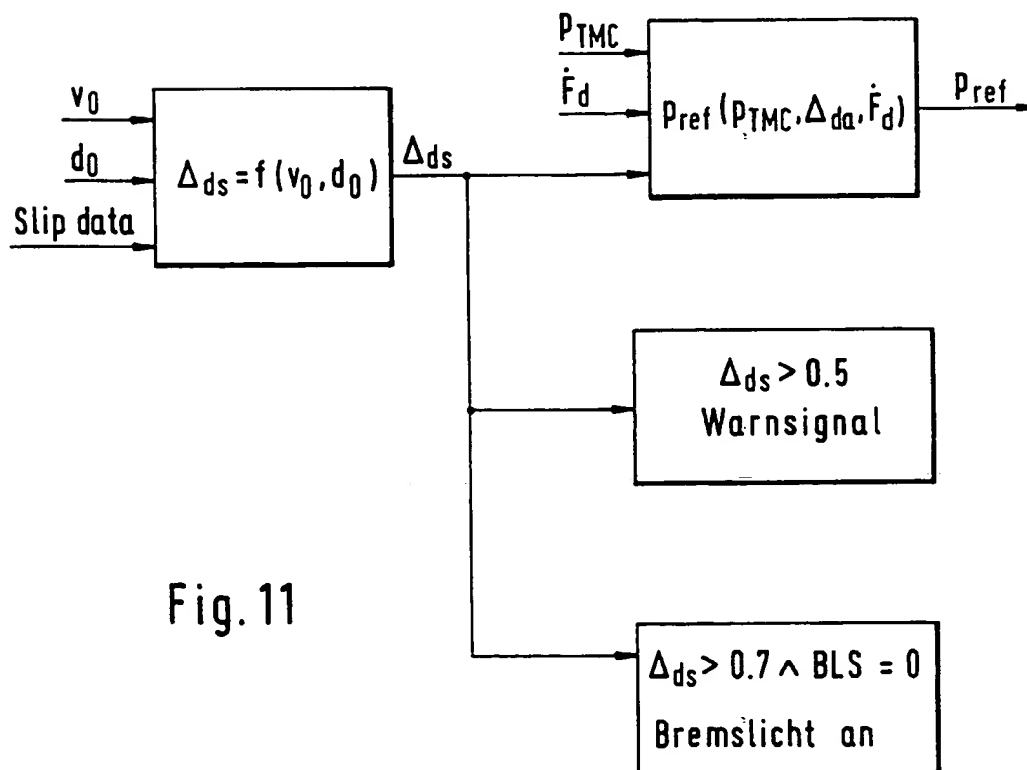


Fig. 11

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/EP 99/02354

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

IPC 6 B60T8/32 B60T7/12 B60T13/72

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 6 B60T

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	EP 0 616 932 A (LUCAS IND PLC) 28 September 1994 (1994-09-28) column 4, line 44 - column 5, line 13; figure 1 column 6, line 18 - column 7, line 13; claim; figure 3 ---	1-5, 17, 19, 24
X	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 097, no. 010, 31 October 1997 (1997-10-31) - & JP 09 142203 A (AISIN SEIKI CO LTD), 3 June 1997 (1997-06-03) abstract; figure --- -/--	23

☒ Further documents are listed in the continuation of box C.

☒ Patent family members are listed in annex.

* Special categories of cited documents :

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier document but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

12 August 1999

Date of mailing of the international search report

19/08/1999

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Meijs, P

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/EP 99/02354

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	DE 195 03 622 A (BOSCH GMBH ROBERT) 8 August 1996 (1996-08-08) column 2, line 39 - column 3, line 10 column 4, line 63 - column 5, line 8; claims 1-4,10,11,13	1-5,17, 20,24
A	---	10,19
Y	DE 40 28 290 C (DAIMLER-BENZ) 2 January 1992 (1992-01-02) cited in the application column 3, line 52 - column 4, line 68; claims 1,3,4; figure 2	1-5,17, 20,24
Y	DE 195 26 659 A (BOSCH GMBH ROBERT) 23 January 1997 (1997-01-23) column 1, line 5 - line 61; claims 1-4,8,9,11	1-6,10, 17-19,24
Y	DE 44 18 270 A (TEVES GMBH ALFRED) 30 November 1995 (1995-11-30) column 2, line 48 - column 3, line 39; figures 1,2 column 1, line 31 - line 37 column 2, line 20 - line 30; claims 1,7-9,11	1-6,10, 17-19,24
A	DE 44 13 172 C (DAIMLER BENZ AG) 30 March 1995 (1995-03-30) abstract; claims 1-4; figures column 2, line 7 - line 51	1,4,5,24
A	DE 196 07 048 A (TEVES GMBH ALFRED) 28 August 1997 (1997-08-28) column 1, line 3 - column 3, line 16	1,2,4,5, 17,20,24
A	DE 195 24 939 A (BOSCH GMBH ROBERT) 9 January 1997 (1997-01-09) abstract; claims 1,3,6,7	1,4,5, 10,24
A	DE 43 10 354 A (MAZDA MOTOR) 7 October 1993 (1993-10-07) abstract page 1, line 3 - line 23 page 5, line 43 - line 50	1,4,10, 22,24

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/EP 99/02354

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
EP 0616932	A	28-09-1994	DE 4309850 A BR 9401285 A DE 59400325 D ES 2088303 T JP 7089432 A US 5427442 A	29-09-1994 08-11-1994 11-07-1996 01-08-1996 04-04-1995 27-06-1995
JP 09142203	A	03-06-1997	NONE	
DE 19503622	A	08-08-1996	WO 9623679 A	08-08-1996
DE 4028290	C	02-01-1992	DE 9110739 U US 5158343 A	24-10-1991 27-10-1992
DE 19526659	A	23-01-1997	GB 2303417 A,B JP 9030394 A US 5816666 A	19-02-1997 04-02-1997 06-10-1998
DE 4418270	A	30-11-1995	CZ 9603157 A DE 59503994 D WO 9532878 A EP 0760765 A ES 2122614 T HU 77500 A JP 10500646 T PL 317352 A SK 145496 A	12-02-1997 26-11-1998 07-12-1995 12-03-1997 16-12-1998 28-05-1998 20-01-1998 01-04-1997 09-04-1997
DE 4413172	C	30-03-1995	FR 2718696 A GB 2288446 A,B IT RM950171 A JP 2844432 B JP 8040229 A	20-10-1995 18-10-1995 16-10-1995 06-01-1999 13-02-1996
DE 19607048	A	28-08-1997	NONE	
DE 19524939	A	09-01-1997	GB 2303186 A,B JP 9024809 A US 5727854 A	12-02-1997 28-01-1997 17-03-1998
DE 4310354	A	07-10-1993	JP 5278581 A US 5420792 A US 5574644 A	26-10-1993 30-05-1995 12-11-1996

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

In nationales Aktenzeichen

PCT/EP 99/02354

C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
Y	DE 195 03 622 A (BOSCH GMBH ROBERT) 8. August 1996 (1996-08-08) Spalte 2, Zeile 39 - Spalte 3, Zeile 10 Spalte 4, Zeile 63 - Spalte 5, Zeile 8; Ansprüche 1-4,10,11,13	1-5,17, 20,24
A	----	10,19
Y	DE 40 28 290 C (DAIMLER-BENZ) 2. Januar 1992 (1992-01-02) in der Anmeldung erwähnt Spalte 3, Zeile 52 - Spalte 4, Zeile 68; Ansprüche 1,3,4; Abbildung 2	1-5,17, 20,24
Y	DE 195 26 659 A (BOSCH GMBH ROBERT) 23. Januar 1997 (1997-01-23) Spalte 1, Zeile 5 - Zeile 61; Ansprüche 1-4,8,9,11	1-6,10, 17-19,24
Y	DE 44 18 270 A (TEVES GMBH ALFRED) 30. November 1995 (1995-11-30) Spalte 2, Zeile 48 - Spalte 3, Zeile 39; Abbildungen 1,2 Spalte 1, Zeile 31 - Zeile 37 Spalte 2, Zeile 20 - Zeile 30; Ansprüche 1,7-9,11	1-6,10, 17-19,24
A	DE 44 13 172 C (DAIMLER BENZ AG) 30. März 1995 (1995-03-30) Zusammenfassung; Ansprüche 1-4; Abbildungen Spalte 2, Zeile 7 - Zeile 51	1,4,5,24
A	DE 196 07 048 A (TEVES GMBH ALFRED) 28. August 1997 (1997-08-28) Spalte 1, Zeile 3 - Spalte 3, Zeile 16	1,2,4,5, 17,20,24
A	DE 195 24 939 A (BOSCH GMBH ROBERT) 9. Januar 1997 (1997-01-09) Zusammenfassung; Ansprüche 1,3,6,7	1,4,5, 10,24
A	DE 43 10 354 A (MAZDA MOTOR) 7. Oktober 1993 (1993-10-07) Zusammenfassung Seite 1, Zeile 3 - Zeile 23 Seite 5, Zeile 43 - Zeile 50	1,4,10, 22,24

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP 99/02354

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
EP 0616932 A	28-09-1994	DE 4309850 A BR 9401285 A DE 59400325 D ES 2088303 T JP 7089432 A US 5427442 A	29-09-1994 08-11-1994 11-07-1996 01-08-1996 04-04-1995 27-06-1995
JP 09142203 A	03-06-1997	KEINE	
DE 19503622 A	08-08-1996	WO 9623679 A	08-08-1996
DE 4028290 C	02-01-1992	DE 9110739 U US 5158343 A	24-10-1991 27-10-1992
DE 19526659 A	23-01-1997	GB 2303417 A,B JP 9030394 A US 5816666 A	19-02-1997 04-02-1997 06-10-1998
DE 4418270 A	30-11-1995	CZ 9603157 A DE 59503994 D WO 9532878 A EP 0760765 A ES 2122614 T HU 77500 A JP 10500646 T PL 317352 A SK 145496 A	12-02-1997 26-11-1998 07-12-1995 12-03-1997 16-12-1998 28-05-1998 20-01-1998 01-04-1997 09-04-1997
DE 4413172 C	30-03-1995	FR 2718696 A GB 2288446 A,B IT RM950171 A JP 2844432 B JP 8040229 A	20-10-1995 18-10-1995 16-10-1995 06-01-1999 13-02-1996
DE 19607048 A	28-08-1997	KEINE	
DE 19524939 A	09-01-1997	GB 2303186 A,B JP 9024809 A US 5727854 A	12-02-1997 28-01-1997 17-03-1998
DE 4310354 A	07-10-1993	JP 5278581 A US 5420792 A US 5574644 A	26-10-1993 30-05-1995 12-11-1996

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☒ FADED TEXT OR DRAWING
- ☐ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.